

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-341452

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl.

H04N 7/08
H04N 7/081
G09C 5/00
G11B 20/10
H04N 1/387
H04N 5/91
H04N 5/92

(21)Application number : 11-077540

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH
CORP <IBM>

(22)Date of filing : 23.03.1999

(72)Inventor : SHIMIZU SHUICHI
KOIDE AKIO

(30)Priority

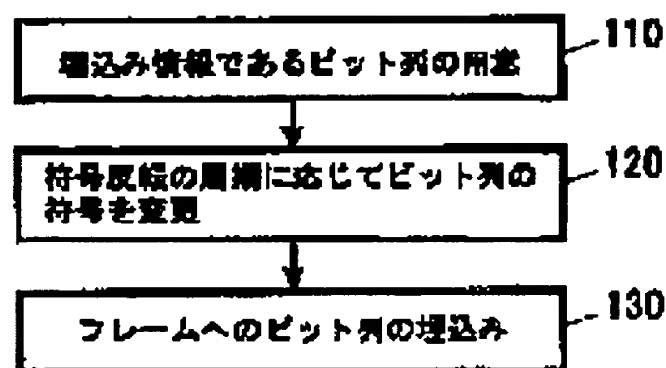
Priority number : 10 75516 Priority date : 24.03.1998 Priority country : JP

(54) DYNAMIC IMAGE ELECTRONIC WATERMARK SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the electronic watermark method and system by which the reliability of detecting embedded information is independent of the strength of a signal measured from a frame.

SOLUTION: In the case of embedding an electronic watermark, information to be embedded is prepared for a bit string (110), a sign of a the bit stream is changed depending on a period of sign inversion (120) and the bit stream is imbedded to a frame (130). Furthermore, in the case of the detection, an observed amount of each frame is stored and the stored observed amount is compared with a variable threshold value corresponding to the stored observed amount to detect the embedded information.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.10.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3490332

[Date of registration] 07.11.2003

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-341452

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 N 7/08
7/081
G 0 9 C 5/00
G 1 1 B 20/10
H 0 4 N 1/387

H 0 4 N 7/08 Z
G 0 9 C 5/00
G 1 1 B 20/10 H
H 0 4 N 1/387
5/91 P

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-77540

(22) 出願日 平成11年(1999) 3 月23日

(31) 優先権主張番号 特願平10-75516

(32) 優先日 平10(1998) 3 月24日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー
ズ・コーポレーション
INTERNATIONAL BUSIN
ESS MACHINES CORPO
RATION
アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 清水 周一

神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア
イ・ピー・エム株式会社 東京基礎研究所
内

(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

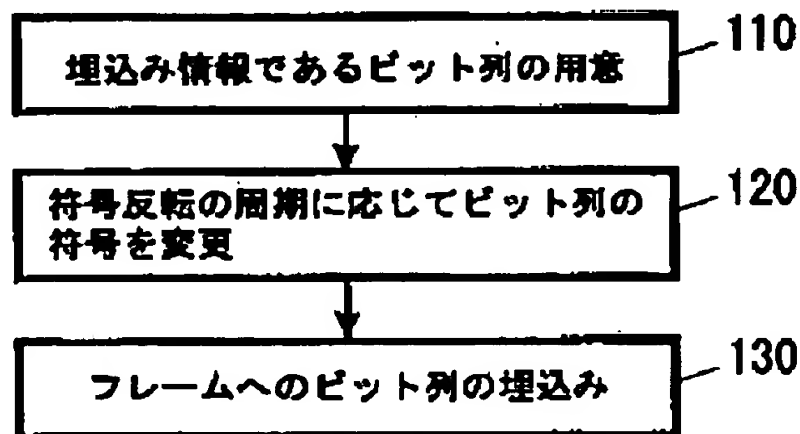
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 動画像電子透かしシステム

(57) 【要約】

【課題】 埋め込まれた情報の検出の信頼性が、フレームから測定された信号の強さに依存しない、電子透かし方法及びシステムを提供することである。

【解決手段】 上記課題を解決するために、埋込みに際し、埋め込む情報をビット列として用意し、該ビット列の符号を、符号反転の周期に応じて変更し、フレームへ該ビット列を埋め込むようにする。また検出に際しては、フレームでの観測量を蓄積し、蓄積された観測量と、蓄積された観測量に対応した可変の閾値とを比較し、比較の結果により、埋込み情報の検出を行うようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】フレームに情報を埋め込む、動画像への電子透かしシステムであって、

- (1) 埋め込む情報をビット列として用意する手段と、
 - (2) 前記ビット列の符号を、符号反転の周期に応じて変更する手段と、
 - (3) フレームへ前記ビット列を埋め込む手段と、
- を具備することを特長とする、動画像電子透かしシステム。

【請求項 2】前記ビット列の符号を符号反転の周期に応じて変更する手段(2)が、さらに符号を表す符号ビットを前記ビット列に追加する手段、

を具備することを特長とする、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 3】フレームでの統計的観測量に基づき、埋め込み情報を検出する、動画像電子透かし検出システムであって、

- (1) フレームでの観測量を蓄積する手段と、
 - (2) 蓄積された観測量と、蓄積された観測量に対応した可変の閾値とを比較する手段と、
 - (3) 前記比較の結果により、埋込み情報の検出を行う手段と、
- を具備することを特長とする、動画像電子透かし検出システム。

【請求項 4】前記フレームでの観測量を蓄積する手段(1)が、フレームでの観測量を正規化して蓄積する手段である、請求項 3 記載のシステム。

【請求項 5】前記フレームでの観測量を蓄積する手段(1)が、フレームでの観測量を蓄積する際に、フレームの観測量の符号を変化させる手段である、請求項 3 記載のシステム。

【請求項 6】前記フレームでの観測量を蓄積する手段(1)が、フレームでの観測量を、符号反転周期の、半周期間隔で符号を反転して蓄積する手段である、請求項 3 記載のシステム。

【請求項 7】前記フレームでの観測量を蓄積する手段(1)が、フレームでの観測量を蓄積する際に、符号反転周期の $1/4$ 周期間隔で、各観測値を二つの蓄積器 A および B に対して、A に加算、B に加算、A から減算、B から減算の順に蓄積する手段である、請求項 3 記載のシステム。

【請求項 8】前記フレームでの観測量を蓄積する手段(1)が、フレームでの観測量を蓄積する際に、二つの蓄積器 A および B を用意し、符号反転周期の $1/4$ 周期間隔で各観測値を、A に加算、A に加算、A から減算、A から減算の順に蓄積し、A の蓄積と平行して、B に加算、B から減算、B から減算、B に加算の順に蓄積する手段である、請求項 3 記載のシステム。

【請求項 9】前記二つの蓄積器の蓄積値が一方の符号に偏った場合に、該偏りの上限を持たせる手段を含む、請

求項 7 乃至請求項 8 の何れかに記載のシステム。

【請求項 10】フレームに情報を埋め込む、動画像電子透かし方法であって、

- (1) 埋め込む情報をビット列として用意する段階と、
 - (2) 前記ビット列の符号を、符号反転の周期に応じて変更する段階と、
 - (3) フレームへ前記ビット列を埋め込む段階と、
- を有することを特長とする、動画像電子透かし方法。

【請求項 11】フレームでの統計的観測量に基づき、埋め込み情報を検出する、動画像電子透かし検出方法であって、

- (1) フレームでの観測量を蓄積する段階と、
 - (2) 蓄積された観測量と、蓄積された観測量に対応した可変の閾値とを比較する段階と、
 - (3) 前記比較の結果により、埋込み情報の検出を行う段階と、
- を有することを特長とする、動画像電子透かし検出方法。

【請求項 12】動画像内のフレームでの統計的観測量に基づき、埋め込み情報を検出するための、プログラムを含む媒体であって、該プログラムが、

- (1) フレームでの観測量を蓄積する機能と、
 - (2) 蓄積された観測量と、蓄積された観測量に対応した可変の閾値とを比較する機能と、
 - (3) 前記比較の結果により、埋込み情報の検出を行う機能と、
- を有することを特長とする、プログラムを含む媒体。

【請求項 13】DVD システムであって、該システムは、ディスクを回転させるモータと、及び前記ディスク内の信号を読み書きするピックアップと、前記モータ及びピックアップを制御するドライブ回路と、該ドライブ回路に指令を出す DVD 制御ブロックと、信号の変換及び誤り訂正を行う復号ブロックと、情報の埋込み若しくは検出を行う電子透かし制御ブロックと、外部との通信を行うインターフェースユニットからなり、前記電子透かし制御ブロックが、

- (1) 埋め込む情報をビット列として用意する手段と、
 - (2) 前記ビット列の符号を、符号反転の周期に応じて変更する手段と、
 - (3) フレームへ前記ビット列を埋め込む手段と、
- を具備することを特長とする、DVD システム。

【請求項 14】DVD システムであって、該システムは、ディスクを回転させるモータと、及び前記ディスク内の信号を読み書きするピックアップと、前記モータ及びピックアップを制御するドライブ回路と、該ドライブ回路に指令を出す DVD 制御ブロックと、信号の変換及び誤り訂正を行う復号ブロックと、情報の埋込み若しくは検出を行う電子透かし制御ブロックと、外部との通信を行うインターフェースユニットからなり、前記電子透かし制御ブロックが、

- (1) フレームでの観測量を蓄積する手段と、
 (2) 蓄積された観測量と、蓄積された観測量に対応した可変の閾値とを比較する手段と、
 (3) 前記比較の結果により、埋込み情報の検出を行う手段と、
 を具備することを特長とする、DVDシステム。

【請求項 1 5】前記フレームでの観測量を蓄積する手段(1)が、情報の埋め込み時と検出時の相対的位置に依存しない、周期的検出マスクを用いて、観測量を蓄積する手段である、請求項 3 記載のシステム。

【請求項 1 6】前記フレームでの観測量を蓄積する手段(1)が、情報の埋め込み時と検出時の相対的位置関係の履歴を用いて、重複する位置関係を除くことにより、連続するフレームに存在する相関を排除して、観測量を蓄積する手段である、請求項 3 記載のシステム。

【請求項 1 7】前記フレームでの観測量を蓄積する手段(1)が、埋め込み検出の位置同期用の信号と、情報を表現する信号とを分離して、位置同期用信号の強い順に情報を表現する信号を採用することにより、観測量を蓄積する手段である、請求項 3 記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】本発明は、デジタル動画像に不可視の状態が付加情報を埋め込む電子透かし技術に関し、特に微弱な埋め込み信号でも高い検出信頼率を達成するための、信号蓄積による検出技術に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】一般に、動画像は静止画像よりも知覚できる解像度が高いため、画質を保つためには静止画像の場合に比べて、埋め込み信号を弱くする必要がある。また、強く埋め込んだ信号でさえ、ローパスフィルタやMP EG2圧縮などの処理を施された後では大幅に減衰する。したがって、各フレームから独立して信号を検出する方法や、あるいは固定数のフレームから検出する方法では、測定される信号の強さは圧縮処理などに依存するので、検出の信頼性は一様には保証されない。このとき、信頼性を高くするための閾値を設定すれば、逆に、埋め込んであるはずの信号がまったく検出されないという問題（false negative 誤り）が生じる。そこで、検出の信頼性が、各フレームから測定された信号の強さに依存しないような手法が必要であるが、特願平8-348426「統計検定を用いたデータ・ハイディング方法及びデータ抽出方法」、特願平8-345568「統計的性質を用いたデータ・ハイディング方法及びシステム」、及び特願平9-88493「複数フレーム・データ・ハイディング方法及び検出方法」には、それを解決する手段は記載されていない。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明が解決しようとする課題は、埋め込まれた情報の検出の信頼性が、フレームから測定された信号の強さに依存しない、

電子透かし方法及びシステムを提供することである。また別の課題は、各動画フレームでの統計的観測量に基づき、埋め込み情報を検出する電子透かし検出方法及びシステムを提供することである。また別の課題は、動画像のフレームでの観測量を蓄積する際に、符号を変化させる、電子透かし検出方法及びシステムを提供することである。また別の課題は、動画像の連続するフレームの相関（非独立性）を打ち消す効果があるような、電子透かし検出方法及びシステムを提供することである。また別の課題は、情報を埋め込むに際し、埋め込み信号の符号を変化させる電子透かし方法及びシステムを提供することである。また別の課題は、埋め込み信号の符号をある周期を持たせて変化させる電子透かし方法及びシステムを提供することである。また別の課題は、動画像の連続するフレームでの差分を大きくしないようにする、電子透かし検出方法及びシステムを提供することである。また別の課題は、MPEG2などの差分を用いた圧縮方法に対しても有効な方法及びシステムを提供することである。また別の課題は、埋め込み処理と検出処理との間の、符号に関する同期が不要になるような方法及びシステムを提供することである。また別の課題は、埋め込み処理と検出処理における、位置の同期が不要になるような方法及びシステムを提供することである。また別の課題は、動画像の再生速度が大きく変化した場合にも対応できる、電子透かし検出方法及びシステムを提供することである。また別の課題は、低コストで透かし情報を検出するための、電子透かし検出方法及びシステムを提供することである。

【0 0 0 4】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、埋込みに際し、埋め込む情報をビット列として用意し、該ビット列の符号を、符号反転の周期に応じて変更し、フレームへ該ビット列を埋め込むようにする。図 1 に本発明の情報の埋込みを行うブロック図を示す。まずブロック 1 1 0 は、埋込み情報をビット列として用意する、ビット列準備ブロックである。次にブロック 1 2 0 は符号反転の周期の応じてビット列の符号を変更する、ビット列符号変更ブロックである。最後にブロック 1 3 0 は、動画像のフレームへビット列を埋め込む、ビット列埋込みブロックである。また検出に際しては、フレームでの観測量を蓄積し、蓄積された観測量と、蓄積された観測量に対応した可変の閾値とを比較し、比較の結果により、埋込み情報の検出を行うようにする。図 2 に本発明の情報の検出を行うブロック図を示す。ブロック 2 1 0 は、フレームでの観測量を蓄積する、観測量蓄積ブロックである。次にブロック 2 2 0 は蓄積された観測量に対応した可変の閾値を得る、可変の閾値取得ブロックである。次にブロック 2 3 0 は蓄積された観測量と、蓄積された観測量に対応した可変の閾値とを比較する比較ブロックである。最後にブロック 2 4 0 は比較の結果に

より、埋込み情報の検出を行う、情報検出ブロックである。

【0005】

【発明の実施の形態】観測量の確率統計的な性質を利用した電子透かし手法（特願平8-348426, 特願平8-345568等）では、各フレームからm個の量（ $V[1], V[2], \dots, V[m]$ ）を測定し、それぞれをビット情報として解釈することにより、mビット埋め込み/検出を実現している。ここでは、埋め込みのないフレームからの観測量、すなわち、ノイズを信号として観測した量が、それぞれ正規分布で近似できることを前提としている。正規分布への近似が正しければ、ノイズを誤って信号であると解釈する false positive 誤りを予測することができ、また、逆にその誤り率を目標に合わせるように閾値Tを決定することができる。

【0006】さて、ビット情報は、各観測量（ $|V[i]|$ ）がこの閾値Tを上回るように画像データを操作することにより、画像に埋め込むことができるが、 $|V[i]|$ は圧縮処理の影響で減衰したり、あるいは画質保存のため、必ずしもTを上回るように操作できるとは限らな

$$U[i] = \frac{1}{\sqrt{f}} (V_{(k+1)}[i] + V_{(k+2)}[i] + \dots + V_{(k+f)}[i])$$

ノイズの場合、分散1の正規分布を取る確率変数であるとして捉えることができる。ここで、 $V_j[i]$ はj番目のフレームから観測されたi番目のビットの統計量を表わす。したがって、固定の閾値Tと比較することができる。また、信号の場合には、 \sqrt{f} に比例してU[i]は大きくなるので、fが十分大きければ必ず固定の閾値Tを越えることができる。すなわち、この方法によれば、埋め込み信号が大きく減衰した場合でも、各フレームからの観測量についてその符号がほぼ一樣であれば、蓄積フレーム数を増やすことにより、false negative誤りをいくらかでも0に近づけることができる。

【0008】・連続フレームの相関の排除

一般に、動画像における連続フレームの間には強い相関がある。むしろ、わずかな違いしか持たない、互いに相関の強いフレームであるからこそ動画像として再生される。極端な場合、同一の内容が続く動画像では相関係数は最大である。このような場合には、蓄積量U[i]が分散1の正規分布に従うという仮定は成立しない。したがって、相関を打ち消すための処理が必要である。

【0009】そこで、各フレームからの観測量を足しあわせるとき、その符号を順に+-と反転しながら蓄積するようにする。これにより、同一の内容が続く場合でも蓄積量U[i]が増え続けることはなく、0を中心に小さく発振し、その振幅は $1/\sqrt{f}$ に比例して小さくなる。元来、互いに独立であった場合でも、符号を反転しても独立性が損なわれることはない。なお、埋め込み時にも検出時と同様に、埋め込み信号の符号を順に+-と反転しながら埋め込み操作を行う。

い。このような場合には、埋め込み信号があるにもかかわらず検出ができないという false negative 誤りの問題が生じる。

【0007】この問題を解消するために、各フレームでの観測量を次のフレームに持ち越して、両者の和を用いて判定する手法を発明した。2フレームで不足する場合には、さらに観測フレーム数を増やし、信号を蓄積することにより判定をおこなう。ここでの前提としては、各フレームからの観測量はそれぞれが正規分布に従い、かつ、互いに独立であることが必要である。互いに独立で分散1の正規分布に従う確率変数をf個足しあわせると、その結果は、分散fの確率変数となるので、ノイズの場合、 \sqrt{f} に比例する速度で蓄積観測量が増えることが予想される。この現象は一般にランダムウォーク（random walk）として捉えることができる。一方、信号の場合には、意図的に分布しないように操作した量であるから、観測量はfに比例して増えていくことが期待される。したがって、蓄積量U[i]を以下に示すように、 \sqrt{f} で割って正規化したものにすれば、

【数1】

【0010】図3に埋め込み信号の符号を、符号反転の周期に応じて変化させて埋め込み操作を行うフローチャートを図示する。符号反転の周期の周期とは、波の周期と同様、+の半周期と-の半周期のセットで1周期と定義する。つまり波長が10であれば符号は5波長の段階で変化する。図3では符号反転の周期をCとしているので、 $C/2$ 周期ごとに符号が反転して情報が埋め込まれる。ステップ310でまずカウンタを0にセットする。次にステップ320で埋込みビット列を用意し、ステップ330ですべてのフレームを処理したか判断する。その結果がYESであれば処理は終了する。その結果がNOであれば処理はステップ340へ進む。ステップ340では1枚のフレームにビット列を埋め込む。そしてステップ350でカウンタnを1増やす。次にステップ360で符号反転の周期になったかどうかを判断する。その結果がNOであれば処理は再びステップ330へ戻り、その結果がYESであれば処理はステップ370へ進む。ステップ370ではビット列をすべて反転させたのち、ステップ380でカウンタnをリセットする。そして処理はステップ330へ戻る。

【0011】・符号ビットの追加によるビット解釈反転の回避

ビットの解釈を観測量U[i]の符号を利用して行う、たとえば、正ならビット"1"、負ならビット"0"と解釈する手法では、埋め込みと検出処理との間で符号に関する同期が必要となるが、一般に、両者の同期を取ることは困難である。しかし、このままでは、解釈されたビットが（たとえば"101"が"010"に）反転して誤解釈される

という問題が生じる。

【0 0 1 2】そこで、符号を表わすビットを追加し、合計 $m+1$ ビットを埋め込む手法を発明した。符号ビットと同じ符号を持つビットをビット"1"と解釈し、反対の符号を持つものをビット"0"と解釈することにより、ビットの反転現象を救っている。たとえば、"101+1"が反転して"010+0"となった場合、符号ビットが"0"なので、解釈は"101"となる。このように、符号が反転する場合には、 $m+1$ ビットすべてが反転するという性質を利用する。

【0 0 1 3】・長い周期の符号反転と半周期ごとの観測連続する2つのフレームに対して埋め込み処理の符号を変えると、両者の間には埋め込み操作の2倍の差分が生じる。連続するフレームの間の差分を増やすことは、MP EG2などの差分を利用した圧縮手法には大きく影響を与え、圧縮率を悪くする。また、連続するフレームでの差分を小さくするようなノイズ除去を行うフィルタが適用された場合、埋め込み信号はほとんど減衰し消失するという問題も生じる。

【0 0 1 4】このような問題を回避するためには、符号反転の周期 C を長くし、隣接のフレーム間で変化させないようにする必要がある。このとき、観測は半周期 ($C/2$) おきに行い、図6に示すように符号を変えて蓄積すると、確実に信号を回収することができる。

【0 0 1 5】図4に長い周期の符号反転と半周期ごとの観測での信号検出のフローチャートを図示する。まずステップ4 1 0でカウンタを0にセットする。次にステップ4 2 0で検出の符号を"+"にセットし、ステップ4 3 0ですべてのフレームを処理したかを判断し、その結果がYESなら処理を終了する。その結果がNOであればステップ4 4 0へ進む。ステップ4 4 0ではフレームからビット情報を測定する。次にステップ4 5 0で測定値を検出符号("+"/"-")の向きに蓄積する。そしてステップ4 6 0で蓄積信号の強さがしきい値を上回ったかどうかを判断する。その結果がYESなら処理を終了し、その結果がNOであればステップ4 7 0へ進む。ステップ4 7 0でカウンタ i を1増やした後、ステップ4 8 0で符号反転の周期であるかどうかを判断する。その結果がNOであれば処理はステップ4 3 0へ戻る。その結果がYESであれば処理はステップ4 9 0へ進む。ステップ4 9 0で検出の符号を反転し、ステップ4 9 5で再びカウンタを0にリセットする。そして処理はステップ4 3 0へ戻る。

【0 0 1 6】・埋め込みと検出の周期が合わせられない場合の蓄積方法

MPEG2圧縮では、I,P,BのうちIフレームのみが自己再生型の圧縮で、残り二つは他フレームからの差分型の圧縮である。したがって、Iフレームのみを観測の対象とする検出はコストの面からも良い選択であるが、しかしながら、Iフレームの現れる周期はMPEG2の規格上固定で

はなく可変であり、したがって、埋め込み信号の周期と一致しているとは限らない。周期があわなければ符号が相殺しあって、蓄積の効果が出せないという問題が生じる。そこで、符号を相殺せずに蓄積するために、二つの蓄積バケツAとBを用意し、図7に示すように互い違いに蓄積を行うことにより、少なくとも一方には、確実に符号同期の取れた回収が行われるようにする。

【0 0 1 7】たとえば、1番目のIはバケツAに+で、2番目はバケツBに-で蓄積されるが、バケツBは埋め込みの符号が変わる境界をまたいでいるために2番目と4番目を同符号で蓄積しなければならないところを反符号で蓄積して相殺しているが、一方、バケツAは埋め込みの周期と符号ずれを起こしていないので、確実に蓄積が行える。符号ずれの数でみると、バケツAは0なので、3すべてが回収に働く一方、Bはずれが1なので相殺後は1の回収となる。

【0 0 1 8】図5に埋込みと検出の周期が合わせられない場合の蓄積方法での信号検出のフローチャートを図示する。まず符号反転の周期を C として、ステップ5 1 0でバケツのカウンタの初期化を行う。初期化されるのは、バケツAとBの更新回数、バケツAとBの正向き更新回数、バケツAとBの負向き更新回数を表す配列である。ステップ5 2 0ですべてのフレームを処理したかどうか判断される。その結果がYESであれば処理は終了する。その結果がNOであれば処理はステップ5 3 0へ進む。ステップ5 3 0では、 n 番目のフレームからビット情報を測定し、ステップ5 4 0で蓄積するバケツと向きを決定する。次にステップ5 5 0で S が2より小さい場合の符号偏りの上限の確認を行う。同様にステップ5 6 0で S が2以上の場合の符号偏りの上限の確認を行う。ステップ5 5 0で判断結果がYESの場合は処理はステップ5 2 0へ戻る。ステップ5 6 0も同様である。符号偏りの制限にかからない場合、処理はステップ5 7 0へ進む。ステップ5 7 0では、測定値の蓄積を行う。測定値を $s=0$ なら、バケツAに正の向きに(加算)、 $s=1$ なら、バケツBに正の向きに(加算)、 $s=2$ なら、バケツAに負の向きに(減算)、 $s=3$ なら、バケツBに負の向きに(減算)測定値を蓄積する。次にステップ5 7 0で蓄積信号の強さがしきい値を上回ったかどうかを判断する。その結果がYESであれば処理は終了する。その結果がNOであれば処理はステップ5 9 0へ進む。ステップ5 9 0では、バケツのカウンタの更新を行う。そして処理はステップ5 2 0へ戻る。

【0 0 1 9】・埋め込みと検出の周期が合わせられない場合の蓄積方法2

前項では、二つのバケツを時間的に重複しないように排他的に利用したが、図8では、周期を $1/4$ ずらすだけで、重複して利用する手法を示す。たとえば、バケツAは半周期6のうち2だけ+がずれているので、相殺分を差し引くと2、一方バケツBは1だけずれているので

相殺後残るのは4で、すなわち、少なくとも一方が半分以上の回収能力があることがわかる。一般に、この回収能力は前項で示した排他的回収より高い。

【0020】・蓄積の符号偏りを抑えるための上限
前項および前々項の場合、符号が反転した蓄積は必ずしも交互には起こらない。一方の符号で連続して蓄積が行われたとき、符号反転による相関の打ち消しという目的が達成されず、したがって、false positive 誤り率の予測困難という問題を引き起こすことになる。この問題を回避するためには、蓄積する符号に偏りが生じたときには蓄積をスキップする必要がある。偏りは以下の判定式で判断する。

$$|f_p - f_m| \leq \sqrt{f}$$

ここで、 f_p 、 f_m はそれぞれ符号+、-で蓄積されたフレームの数で、 f は両者の和 ($f_p + f_m$) である。ノイズは先に述べたように \sqrt{f} の速度で蓄積されるので、その速度を上回らない差 ($|f_p - f_m|$) であれば、同符号を蓄積しても false positive 予測には影響を与えない。

【0021】本発明では、さらに、動画像の再生速度に合わせて（再生速度が大きく変化した場合にも対応できるように）、かつ低コストで透かし情報を検出する、以下の手法を用いる。

(1). 埋め込みと検出の相対的位置関係が一致しなくなった場合（位置の不一致）に対して、位置の不一致（ず

$$X = J \text{ dot } M = I \text{ dot } M$$

OR

$$I \text{ dot } M + P \text{ dot } M \quad (J = I', \text{ marked})$$

【0026】ここで、“dot” は内積を表す演算子である。右辺第1項の “ $I \text{ dot } M$ ” が常に小さくなるように M を選べば、埋め込みのない (unmarked) 場合には、相関 X は0に近い小さな値を取り、埋め込みがある (marked) 場合には、第2項の “ $P \text{ dot } M$ ” の項が大きな値を示すので、 X の大きさにより電子透かしの有無を区別できる。検出マスク M は、一般に、その内容をランダムに選べば、コンテンツに依らず第1項 “ $I \text{ dot } M$ ” を0に近い値にするものを作ることができる。

【0027】なお、検出マスクはコンテンツに依らず固定のパターンであるが、一方の埋め込みパターンは、検出マスク M に対する強い相関の性質を保ったまま、オリジナルの画質や音質などに影響を与えないように、コンテンツ I の内容に応じて調整されて作られる必要がある。しかし、以下では説明を単純にするために、埋め込みパターンと検出マスクは固定で、両者同一として扱うことにする。

【0028】まず、シフト変換(ずれ) 耐性を実現する、シフト位置の低コスト高速処理方法を説明する。検出マスク M と対象のコンテンツ J との間に位置(幾何的) ずれが生じた場合を考える。一般に、ずれは、埋め込み操作と検出操作の間に伝送などの処理や、横長 (16:9, LetterBox) 映像の浮遊位置の変化、あるいはハッ

れ) に対して鈍感な周期的検出マスクを導入し、また、一致の探索範囲を減らすために計算対象のデータを内積の値に縮退させてメモリ量および計算量を削減する。

(2). (1) により埋め込み位置が変化しても検出に成功することを積極的に利用して、埋め込みと検出の相対位置関係について、その履歴を用い、重複する位置関係を除くようにして、動画像中の連続するフレームに存在する相関を排除する。

(3). 位置同期用の信号とビットを表現する信号とを分離して、位置同期用信号の強い順にビット信号を採用することにより蓄積の効率を向上する。

【0022】上記、高速な検出処理と動画像相関の排除の方法を以下に、より詳細に説明する。データハイディング [1, 2] では、オリジナルのコンテンツ (I) に対して埋め込みパターン (P) を足し合わせる操作により、電子透かしとして著作権情報やコピー制御情報などを挿入する。コンテンツが二次元の画像配列の場合には、この操作は二次元配列の足し算で実現される。

$$【0023】I' := I + P$$

【0024】一方、電子透かしの検出には、埋め込みパターンと相関の強い検出マスク (M) を用いて、検出対象のコンテンツ (J) との相関 (X) を測定する。

$$【0025】$$

$$(J = I, \text{ unmarked})$$

キングなど悪意のある操作により起こる。ずれの影響をまったく受けない埋め込み・検出方法にはフーリエ変換やDCT変換など周波数空間を利用したものがある。たとえば、コンテンツをフーリエ周波数変換し電力(強さ)成分と位相成分に分解したときに、ずれの影響が位相にのみ現れること、つまり電力には現れないことを利用して、電力成分にのみ埋め込み・検出を施す方法がある。しかし一般に、周波数変換には高い計算コストがかかるため、動画像など再生の速度と同等のリアルタイム検出が要求される場合には使えない。空間領域のままのピクセルに基づく埋め込み・検出方法では、上記の第1項 “ $I \text{ dot } M$ ” は、ずれに依らず変わらず小さな値を示すが、一方で、第2項 “ $P \text{ dot } M$ ” は、電子透かしが十分に残っているにも関わらず、このずれ (mis-alignment) のために大きな反応を出力できずに右辺全体として小さな値となり、その結果、電子透かしの検出に失敗する。この問題を回避するためには、正しい位置 (alignment) の候補をいろいろと試行し、最大の反応を示す位置(マーク有りの場合、シフト位置)を探索する必要があるが、ピクセル単位での単純な全探索は、たとえば、720x480 サイズの画像の場合345,600 通りもの試行が必要となり、計算量の観点から現実的ではない。

【0029】そこで、ピクセル単位の探索ではなく、小

領域単位の探索での alignment が可能であれば探索数を大幅に減らすことができる。そこで本発明では、ずれに対して検出処理が鈍感 (insensitive) になるよう

```

+++++++ 00000000
00000000 ++++++
----- 00000000
00000000 -----
p0      p1

```

【0 0 3 1】これらのうち一つを縦横に幾つか並べたもの、たとえば 2x4 ブロック、を基本パターン (primary pattern) として、埋め込みパターンおよび検出マスクを構成することにする。ここで、'+' は +1 を、'-' は -1 を表す。以後、上記のブロック・パターンを最小パターン (primitive pattern) と呼ぶことにする。最小パターン p0 で作られる基本パターン P0 は、たとえば 2x4 最小パターンの場合、以下の通りである。

【0 0 3 2】

〈- 16 pixels-〉

```

+++++++
0000000000000000
-----
0000000000000000 16 pixels
...
+++++++
0000000000000000
-----
0000000000000000 v

```

P0

【0 0 3 3】このようにして作った基本パターン P0~P3 をランダムに並べて、検出マスク (埋め込みパターン) を作成する。

【0 0 3 4】

```

P0 P2 P1 P0 P3 ... P2
P2 P3 ... .
M (or P) = . ... .
. ... .
P1 ... . P3

```

【0 0 3 5】さて、MとPが互いに横に1ピクセル列ずれた場合には、各基本パターンの端の1列が隣接のパターンに重なることになり、また基本パターンの列はランダムに構成されているので、その部分の内積への貢献が平均的に0と考えると、全体での内積の出力は 1/16 だけ損失する。ここで、パターンの領域を外れる端の部分は折り返して、上と下、左と右でそれぞれ接続していると考えことにする。同様の考え方により、2列ずれたときは 2/16、3列ずれたときは 3/16 の損失となる。8列ずれたときは半分の損失となるが、最小パターンの単位 (横

に、まず以下の 8x4 サイズのブロック・パターン (p0~p3) を利用し、

```

【0 0 3 0】
----- 00000000
00000000 -----
+++++++ 00000000
00000000 ++++++
p2      p3

```

に8ピクセル列) でずらしを試行すれば、ちょうどずれが0となり損失は0である。したがって、最小パターン単位で探索すれば、最大の損失位置は、ずれの剰余が4の位置で、そのとき、 $4/16 = 25\%$ の損失である。

【0 0 3 6】次に、MとPとが互いに縦に2行ずれた場合を考えると、2行が隣接のパターンと重なり、したがって損失は 2/16 である。しかし、ただ1行ずれた場合には、0と非0が互いに重なるので、内積の値は0にまで落ち込む。この状況を救うために本発明では、Mのほかに、縦に1行だけずらしたマスクM'を導入している。M'は最小パターン単位で、p0をp1に、p1をp2に、p2をp3に、p3をp0に交換して作成したものである。縦4行で1周期と考えれば、検出マスクM'は検出マスクMの 1/4 周期 (90度) 位相の関係と捉えることができる。

【0 0 3 7】

```

P1 P3 P2 P1 P0 ... P3
P3 P0 ... .
M' = . ... .
. ... .
P2 ... . P0

```

【0 0 3 8】検出マスクM'は1行のずれに対して損失0で反応する。3行ずれた場合には損失 2/16 である。4行ずれたときには、最小パターン単位でずれを試行すれば損失は0となるので、縦方向には、ずれの剰余が2のとき最大損失 2/16 となる。したがって、横ずれ剰余 (mod 8) が4で縦ずれ剰余 (mod 4) が2のとき、最大損失 $1 - (1-4/16) \times (1-2/16) = 34.4\%$ となる。

【0 0 3 9】以上から、最小パターンの単位で正しいずれの位置を探索することにより、最悪でも 35% 程度の損失で電子透かしの反応を得ることができる。このとき探索数は、MおよびM'の両方を適用することを考慮しても、ピクセル単位の場合の $1/(8 \times 4) \times 2 = 1/16$ 倍で済む。また、あらかじめ 8x4 最小パターンの単位で内積を1度だけ計算しておけば、以降、その内積値を利用できるのでメモリの大幅削減にもつながり、これにより、DVDドライブに内蔵するための電子透かし検出チップの実現が可能となった。つまり、720x240 サイズのフィールド画像 (172,800 byte) に対して、それを9分割 (3x3) して重ね合わせたタイル状の部分、ピクセル値ではなく内積値を用いて表せば、わずか $(720/3/8) \times (240/3/4) \times 2 \times 2 \text{ byte} = 2400 \text{ byte}$ で十分であり、

また、探索範囲も $(720/3/8) \times (240/3/4) \times 2 = 1200$ 通りと現実的である。なぜなら、MPEG2 ストリームからの直接検出では、1秒間に約2回現れる1フレームを処理するが、1200通りを2回試行するのに0.5秒は十分に長い時間であるからである。

【0040】次に、動画像相関の排除処理方法を説明する。

「フレーム蓄積」手法[4]は、動画像からの電子透かし検出において、各フレームからの検出の出力が弱い場合への対策であり、フレームからの出力を逐次蓄積し、それが十分に強い量に達したときにマーク有の判定を下す、というものである。逆に、ある定められた区間(時間)で閾値に達しなければ、マーク無の判定とする。ランダムに発生するノイズを蓄積すれば、その和は正負が相殺し合ってランダムウォーク(random walk)し、その増え方は \sqrt{n} と予測できる。ここで、 n は蓄積の数を表す。一方、互いに独立ではなく、正の相関を持つようなノイズ(埋め込み信号)の場合には、測定されるノイズを蓄積(和)すれば、その和は相殺せずに \sqrt{n} より速い速度で増え続ける。相関が正の最大(1.0)なら、 n

の速度で増える。したがって、フレーム蓄積の前提は、まずマークありの場合、各フレームからの出力がたとえ弱くてもコヒーレントで正の相関を持ち、蓄積の結果がほぼ線形に伸びていくこと、逆にマークなしの場合、フレーム出力が互いに独立であって、その蓄積の結果がランダムウォークの振る舞いをする、この2点が大きな特徴である。特に、後者の独立ランダム性は、マーク有無の判定閾値を決定する上で重要な性質であるが、しかしながら一般に、動画像はその連続するフレームにおいて、動画という性質上(フレームの内容が似ている)強い正の相関を持ち、したがって、それらのフレームからの出力は互いに独立ではない。

【0041】本発明の1つの方法では、その独立ランダム性を保証するために、フレーム出力を蓄積する際の符号を時間規則的に強制反転することにより、フレーム間に存在する正の相関を打ち消して、負の相関に変化させている。検出に反応させるために埋め込み側では、同じ時間規則に従い、埋め込みの符号(方向)を反転させている。これにさらに、動画の再生速度が変化し時間規則とずれが生じた場合にも、電子透かしを検出する方法を説明する。

【0042】本発明では、無マーク動画像から検出されるノイズのランダム性を保証するために、シフト位置の履歴を導入する。これは、最大反応を示すシフト位置が互いに異なるフレーム画像からの検出ノイズは、互いに独立であるという考えに基づく。ここで、履歴の深さを n とすると、あるフレームからの出力を採用し蓄積するか、あるいは捨てるかどうかの判断は、以下の通りに行う。

【0043】(1) 過去に採用されたフレームのシフト位

置 n 個の中に、このフレームのシフト位置が含まれていれば、不採用とし捨てる。

(2) そうでなければ、採用し蓄積する。また、シフト位置の履歴に加える。

【0044】このようにして、無マーク動画像からの過去 n フレームの蓄積において、蓄積ノイズのランダム性を保つ。

【0045】シフト位置の履歴の深さを蓄積の上限の数に一致させておけば、互いに相関のないノイズを蓄積していくことができる。なお、埋め込み処理は、適宜、埋め込み位置を変えてシフト位置を揺らす必要がある。そうしなければ同一のシフト位置が続くことになり、そのため蓄積がまったく働かず、弱い信号を救えない。このように、上記の方法では時間規則を利用しないため動画像の再生速度には依存せず、それが変化した場合でも蓄積は正しく行われるので、時間変化の問題は解消される。また、長くても1フレームの間隔で埋め込み位置を変えてシフト位置を揺らせば、毎1フレームでの観測がすべて蓄積に採用されるので、バケツ分割方式に比べてより蓄積効率が良くなる。以下に蓄積の順序付けについて説明する。

【0046】蓄積の効率をさらに向上させるために、強い信号を優先して蓄積するための手法として、位置同期用の検出マスク M_s および、ビット解釈用の検出マスク M_b を互いに独立になるように準備して、さらに加えて「順位表」を導入して、蓄積の順序付けを行うための手順を以下に示す。

【0047】(1) まず、マスク M_s により最大反応を示すオフセット位置 O を選び出す。

(2) M_s の反応の大きさとオフセット位置 O およびその位置でのビット信号の強さ B を組にする。

(3) 順位表にそのオフセット位置 O と一致する組が未登録であれば、この組を順位表に登録する。このとき、順位表の組は M_s の反応の大きい順に並べる。

(4) もしすでにオフセット位置 O と一致する組が登録済みであって、かつ、登録組よりも、この新規組の M_s 反応のほうが大きければ置き換えて、順位を更新する。

【0048】そして、この順位表が更新されたときに、

【0049】(1) 表の1位から n 位までのビット信号 B を足し合わせて閾値と比較する。ここで、各ビット信号が $N(0, 1)$ の正規分布に従うなら \sqrt{n} で割った値も同じく $N(0, 1)$ に従うので固定の閾値と比較することができる。

(2) もし閾値を上回れば、マークありと判定し、ビット解釈する。

(3) まだ閾値を上回らなければ n を1増やし(1)に戻る。

【0050】マークありと判定された場合、あるいは、表の最後まで足し合わせてもまだ閾値を上回らない場合には、次のフレームへ処理を移す。つまり有マークの動

画像の場合には、信号が意図的に埋められているのだから、同期用Msに強く反応すれば、それと同等にMbにも強く反応することが期待される。したがって、Msに強く反応する順にMb反応の結果を足していけば、それはMb反応の強い順に足し合わせるという効果が得られ、これにより弱い（不確実な）Mbは後回しになるので、効率のよい蓄積が実現される。

【0051】一方、無マーク動画画像の場合には、Msに強く反応したからといってMbに強く反応するとは限らず、逆に、互いに独立な値を取るので、Msの時強い順に並べられたMbは、Msとは無関係にランダムに並んでいることが期待される。したがって、Msの強い順にMbを足し合わせても、Mbのランダムウォークの振る舞いは保証され、マーク有無の判定閾値には影響を与えない。なお、互いに独立なMsとMbの作り方としては、領域で二分する方法や、重なるパターンとして互いに直交する関係にする方法などがある。DVDコピー制御のシステムでは、互いに直交する2つのマスクM0、M1を用意し、以下のように定義する。

【0052】 $M_s = M_0 + M_1$

$M_b = M_0 - M_1$

【0053】ここでビット"0"を埋め込むにはM0を埋め込みパターンとして、ビット"1"を埋め込むにはM1を埋め込みパターンとして利用する。いずれのビットを埋め込むにしても、Msによる検出は正で反応し、Mbによる検出は埋め込みビットに応じて、正または負で反応する。したがって、ビットの解釈はその符号により決定することができる。また、MsとMbの直交性は、以下のように実現する。

【0054】 $M_s \cdot M_b = (M_0 + M_1) \cdot (M_0 - M_1) = |M_0|^2 - |M_1|^2 = 0$

【0055】

【実施例】図10に本発明の、電子透かし制御ブロックを有するDVD-Rドライブシステム800の一実施例を示す。図10において、ディスク910はドライブ回路912に接続されたモータ914により回転し、ディスク910中に記録されたデータはオプトエレクトリカル・ヘッド916により読み取られる。またドライブ回路912はDVD制御ブロック918からの指令で動作する。オプトエレクトリカル・ヘッド916により読み取られた信号は、DVD制御ブロック918に入力され、増幅され、必要に応じて変換され、復号ブロック920へ送られる。復号ブロック920は信号のモジュレータ、デモジュレータ及び誤り訂正を行う。DVD制御ブロック918はディスク中に記録されたサーボデータまたは復号ブロックからの制御信号を受けてドライブ回路912を制御するためのサーボ回路918Bを含んでいる。またDVD制御ブロック918は信号読取回路918Aを含んでいる。

【0056】復号ブロック920で受け取られたデータ

は、共通のバスで接続された復号ブロック内にあるバッファ920A、MPU920B及び復号器920Cにより誤り訂正を行い、リアルタイムに復号され、電子透かし制御ブロック930へ送信される。電子透かし制御ブロック930では、本発明で開示された、情報の埋込み、及び埋込まれた情報の検出が行われる。また適宜、複製制御等を有するデータ制御回路を付加しても構わない。電子透かし制御ブロック930から、データはインターフェースユニット921を介してシステム100へ接続される。DVD-Rドライブシステム800は単体でも動作可能であるが、インターフェースユニット921を介して接続可能なシステムと通信しながら動作させてもよい。

【0057】図9には、DVD-Rドライブシステム800と接続可能なシステムのハードウェア構成の一実施例が示されている。システム100は、中央処理装置（CPU）1とメモリ4とを含んでいる。CPU1とメモリ4は、バス2を介して、補助記憶装置としてのハードディスク装置13（またはMO、CD-ROM23、DVD等の記憶媒体駆動装置）とIDEコントローラ25を介して接続してある。同様にCPU1とメモリ4は、バス2を介して、補助記憶装置としてのハードディスク装置30（またはMO28、CD-ROM23、DVD-R800等の記憶媒体駆動装置）とSCSIコントローラ27を介して接続してある。フロッピーディスク装置20はフロッピーディスクコントローラ19を介してバス2へ接続されている。

【0058】フロッピーディスク装置20には、フロッピーディスクが挿入され、このフロッピーディスク等やハードディスク装置13（またはMO、CD-ROM、DVD-R800等の記憶媒体）、ROM14には、オペレーティングシステムと協働してCPU等に命令を与え、コンピュータ・プログラムのコード若しくはデータを記録することができ、メモリ4にロードされることによって実行される。このコンピュータ・プログラムのコードは圧縮し、または、複数に分割して、複数の媒体に記録することもできる。

【0059】システム100は更に、ユーザ・インターフェース・ハードウェアを備え、入力をするためのポインティング・デバイス（マウス、ジョイスティック等）7またはキーボード6や、視覚データをユーザに提示するためのディスプレイ12を有することができる。また、パラレルポート16を介してプリンタを接続することや、シリアルポート15を介してモデムを接続することが可能である。このシステム100は、シリアルポート15およびモデムまたは通信アダプタ18（イーサネットやトークンリング・カード）等を介してネットワークに接続し、他のコンピュータ等と通信を行うことが可能である。またシリアルポート15若しくはパラレルポート16に、遠隔送受信機器を接続して、赤外線若しく

は電波によりデータの送受信を行うことも可能である。

【0060】スピーカ23は、オーディオ・コントローラ21によってD/A（デジタル/アナログ変換）変換された音声信号を、アンプ22を介して受領し、音声として出力する。また、オーディオ・コントローラ21は、マイクロフォン24から受領した音声情報をA/D（アナログ/デジタル）変換し、システム外部の音声情報をシステムにとり込むことを可能にしている。

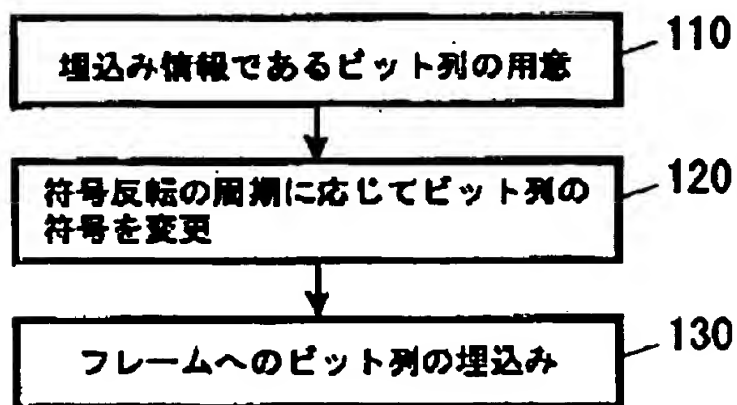
【0061】このように、DVD-Rドライブシステム800に接続（通信）可能なシステム100は、通常のパーソナルコンピュータ（PC）やワークステーション、ノートブックPC、パームトップPC、ネットワークコンピュータ、コンピュータを内蔵したテレビ等の各種家電製品、通信機能を有するゲーム機、電話、FAX、携帯電話、PHS、電子手帳、等を含む通信機能有する通信端末、または、これらの組合せによって実施可能であることを容易に理解できるであろう。

【0062】なおDVD-Rドライブシステム800を、データ処理システム100と外部接続した場合を図11に、内蔵した場合を図12に示す。

【0063】

【発明の効果】DVDの映像データに、コピー制御のための信号を埋め込んで隠す場合、デバイスがコピー制御信号を誤読しないように、あらかじめ、強く信号を埋め込む必要がある。しかしながら、動画は一般に、静止画よりも人間の目の解像度が高いため、強く埋め込んだ信号はノイズとして感知されてしまうという問題が生じる。本発明の方法およびシステムでは、強く埋め込む代わりに、質を保つ範囲で各フレームに弱く埋め込み、検出時にそれを十分な強さになるまで蓄積して判定を行う

【図1】



ことにより、強く埋め込んだ場合と同じ抽出信頼度を達成することが可能である。また、DVDの動画フォーマットはMPEG2であるが、この損失ありの圧縮によって埋め込んだ信号が弱められる問題も、蓄積手法およびシステムで解消することができる。

【0064】

【図面の簡単な説明】

【図1】発明の情報の埋込みを行うブロック図である。

【図2】本発明の情報の検出を行うブロック図である。

【図3】埋め込み信号の符号を、符号反転の周期に応じて変化させて埋め込み操作を行うフローチャートである。

【図4】長い周期の符号反転と半周期ごとの観測での信号検出を行うフローチャートである。

【図5】埋め込みと検出の周期が合わせられない場合の蓄積方法での信号検出を行うフローチャートである。

【図6】長い周期の符号反転と半周期ごとの観測方法を示す図である。

【図7】埋め込みと検出の周期が合わせられない場合の蓄積方法を示す図である。

【図8】埋め込みと検出の周期が合わせられない場合の別の蓄積方法を示す図である。

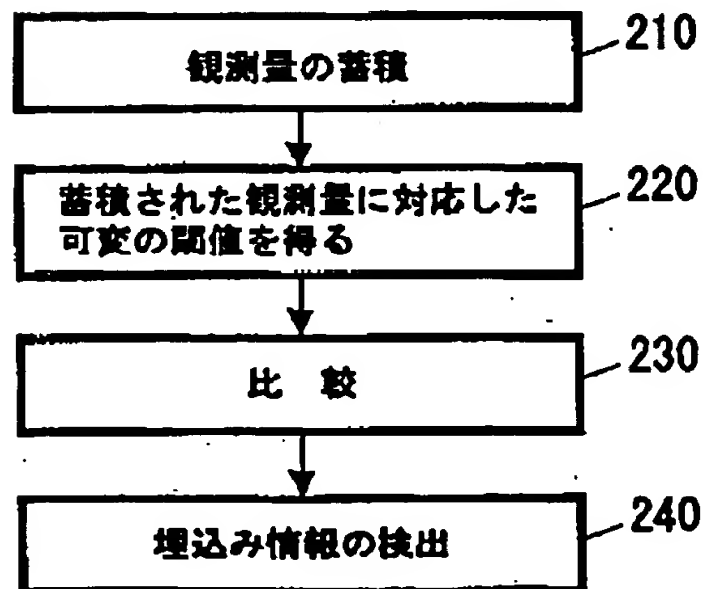
【図9】本発明のシステムと接続可能なシステムのハードウェア構成例である。

【図10】本発明の電子透かし制御ブロックを有するDVDシステムの一実施例である。

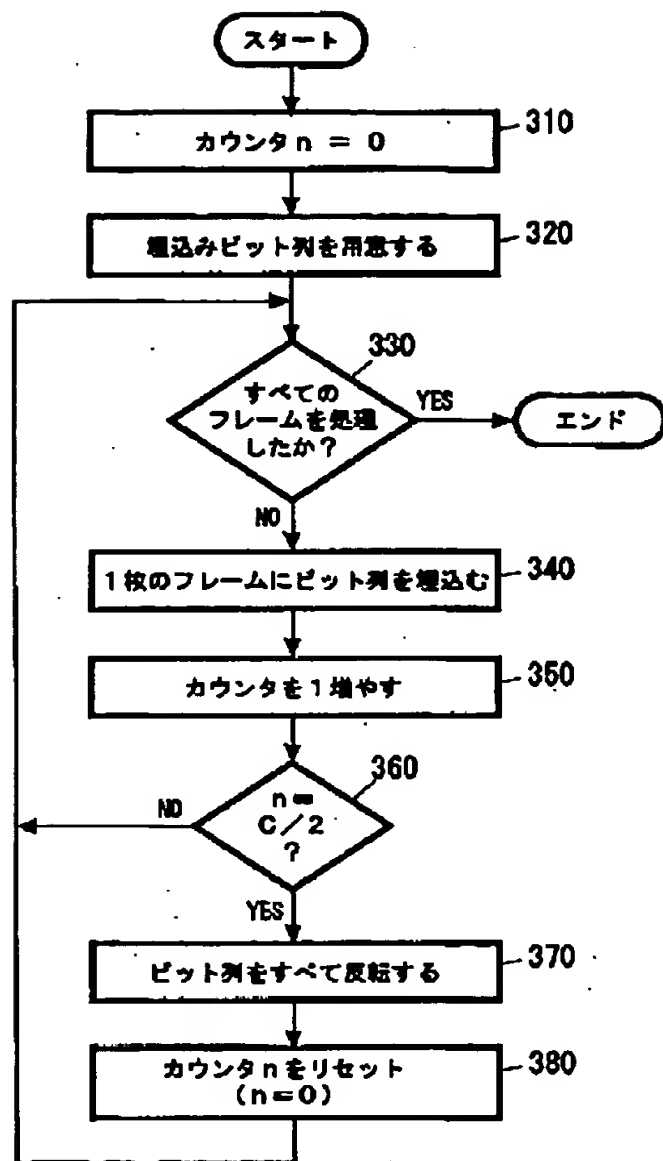
【図11】DVDシステムをシステム100と外部接続した図である。

【図12】DVDシステムをシステム100に内蔵した図である。

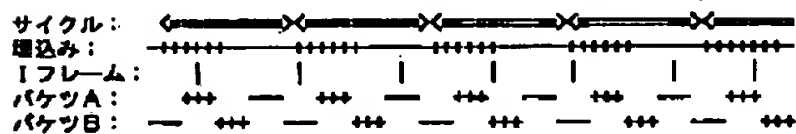
【図2】



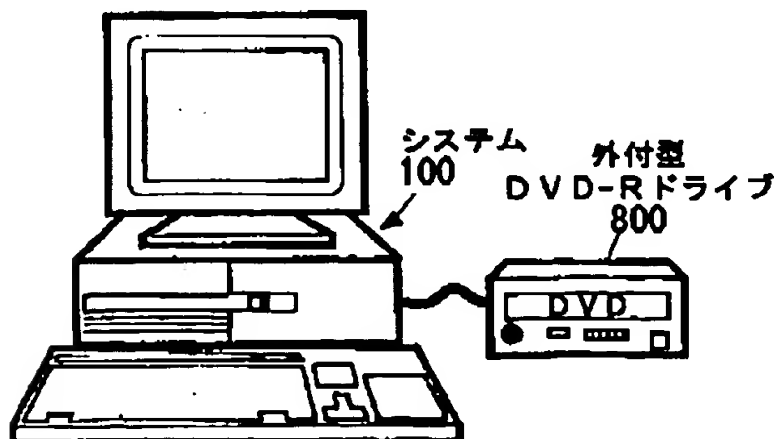
【図 3】



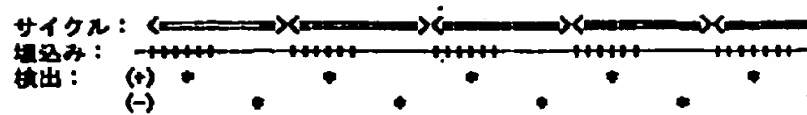
【図 7】



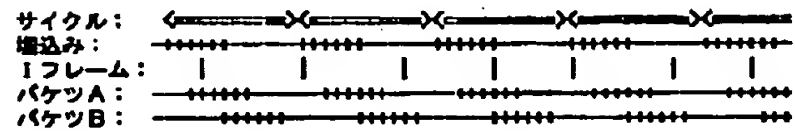
【図 11】



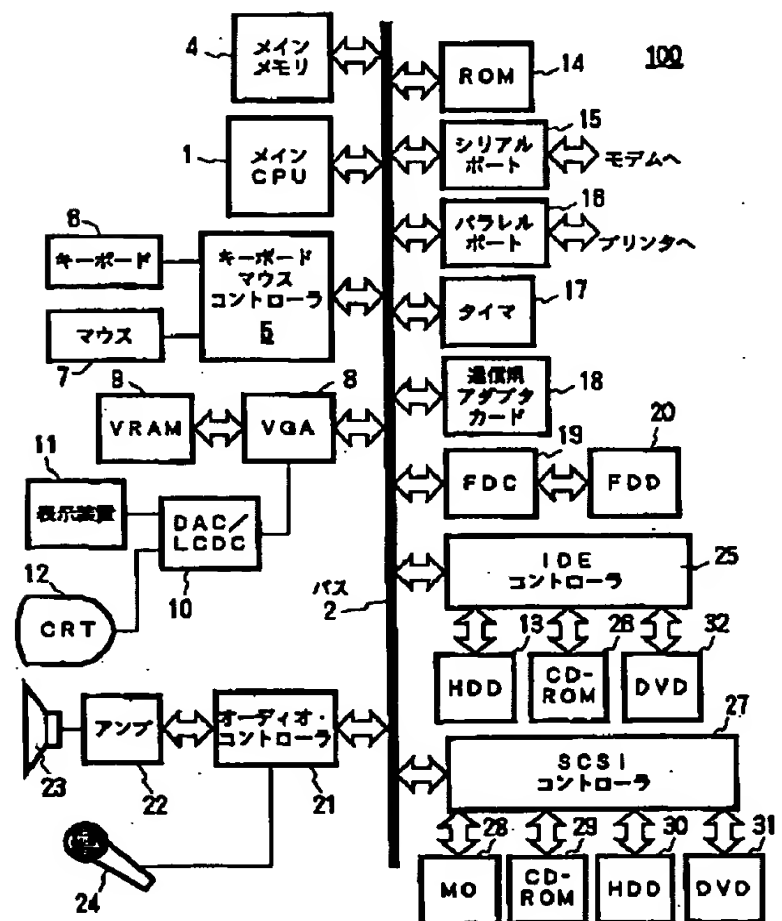
【図 6】



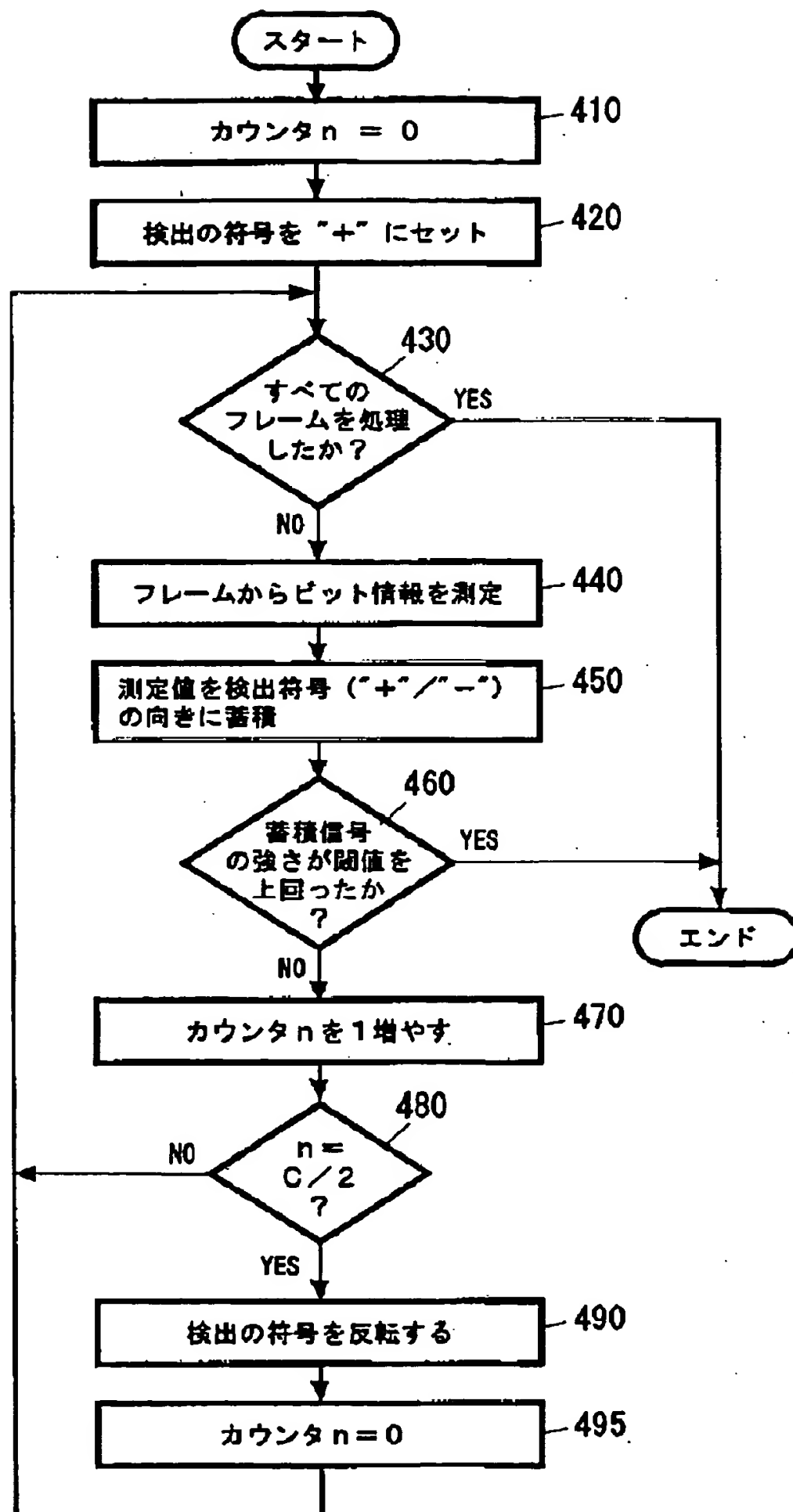
【図 8】



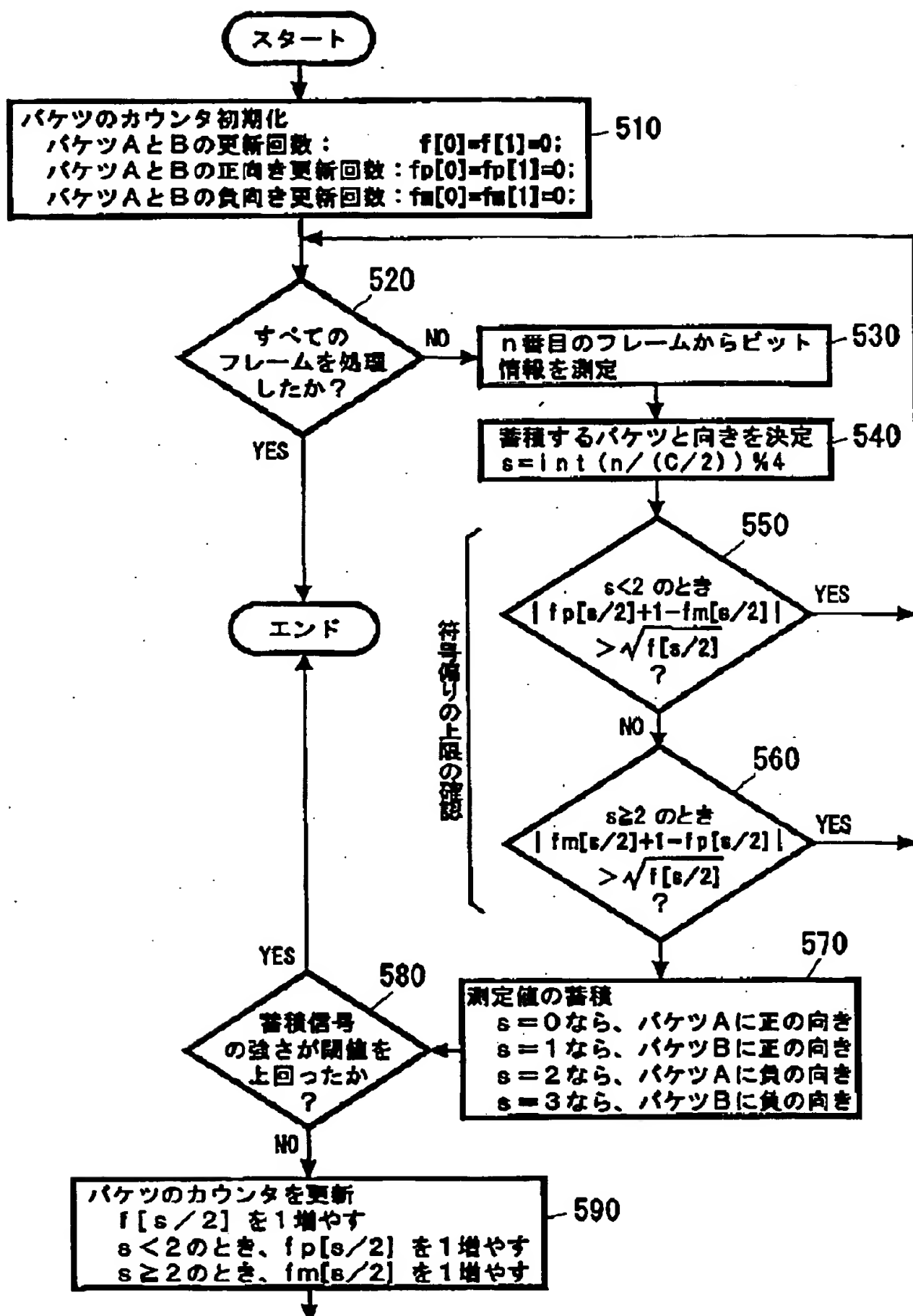
【図 9】



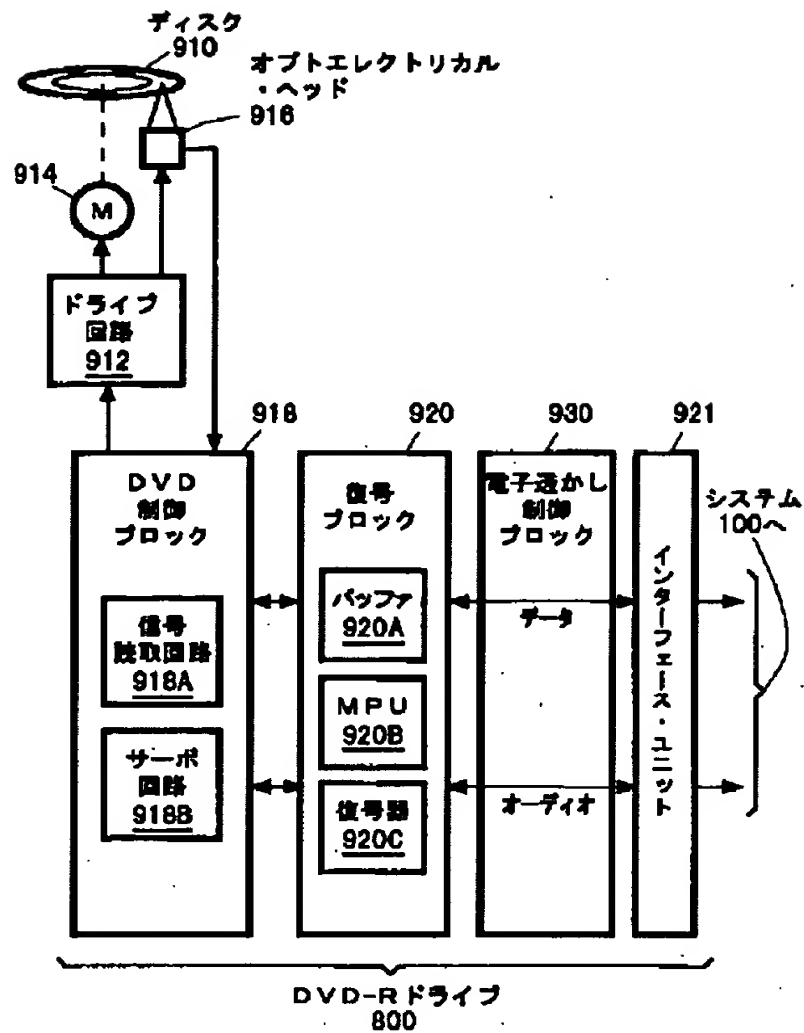
【図 4】



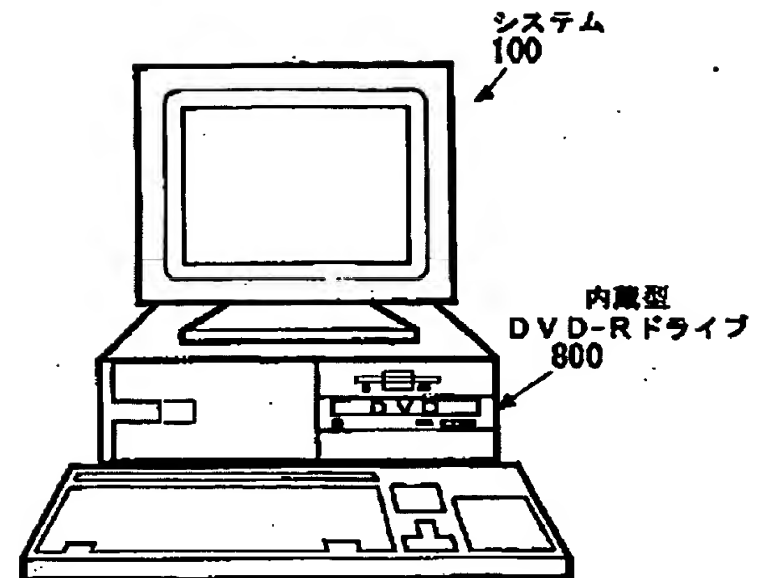
【図 5】



【図 1 0】



【図 1 2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

H 0 4 N 5/91
5/92

識別記号

F I

H 0 4 N 5/92

H

(72) 発明者 小出 昭夫

神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア
イ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所
内